

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-035996

(43)Date of publication of application : 10.02.1994

(51)Int.Cl.

G06F 15/60

(21)Application number : 04-188130

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 15.07.1992

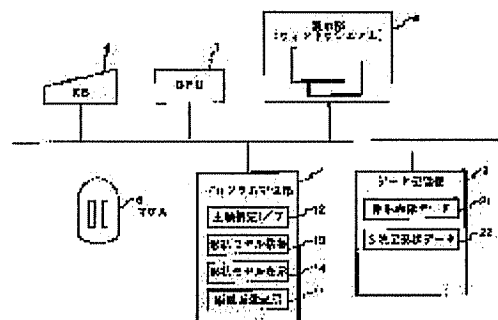
(72)Inventor : SHIMIZU HARUO
KITAMURA YOSHIFUMI
OKUTOMI MASATOSHI
YOSHIZAKI OSAMU

(54) METHOD AND DEVICE FOR PREPARING THREE-DIMENSIONAL SHAPE MODEL

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the shape data of an unknown part by estimating the shape of an object being the back surface based on an imparted distance image and a designated symmetry axis.

CONSTITUTION: A program to be stored in a program storage part 1 contains a distance image display program 11 to three-dimensionally display an inputted distance image, a main axis designation/user interface program 12 for designating the main axis of rotation for the displayed distance image, a shape model structure program 13 for constructing the three-dimensional shape model by containing the background (back) surface with the distance image and a main axis as the input, and a shape model display program 14 to perform rendering by applying lighting or shading to the obtained three-dimensional shape model. Then, a user interactively designates the symmetry axis for a distance measuring side image in one direction for an axis symmetrical object and interpolates data by utilizing the known position information so as to constitute the unknown three-dimensional shape model.



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-35996

(43)公開日 平成6年(1994)2月10日

(51)Int.Cl.⁵
G 0 6 F 15/60

識別記号 庁内整理番号
4 0 0 D 7922-5L

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数6(全9頁)

(21)出願番号 特願平4-188130

(22)出願日 平成4年(1992)7月15日

(71)出願人 000001007

キャノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 清水 治夫

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

(72)発明者 北村 喜文

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

(72)発明者 奥富 正敏

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャ
ノン株式会社内

(74)代理人 弁理士 大塚 康德 (外1名)

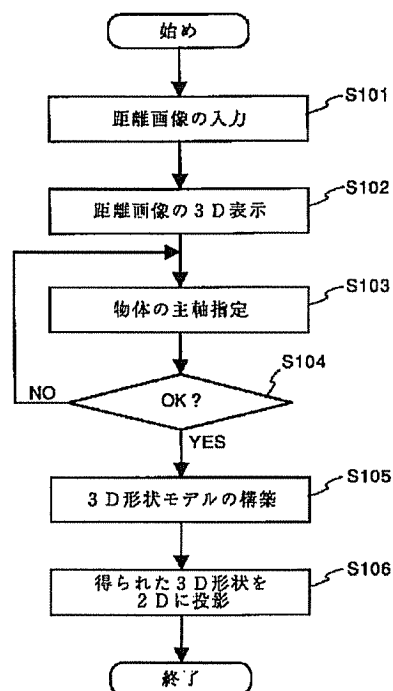
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 3次元形状モデル作成方法及びその装置

(57)【要約】

【目的】 本発明の目的は、一方向から得られた距離画像を基にして未知の部分の形状データを提供できる3次元形状モデル形成方法及びその装置を提供することにある。

【構成】 入力される3次元距離画像から3次元形状モデルを作成する3次元形状モデル作成方法であって、一方向の平行射影から得られる3次元距離画像を入力する行程と、与えられた前記距離画像に対して3次元空間上で対象物体の対称軸を指定する行程と、与えられた前記距離画像と指定された前記対称軸とに基づき前記方向から見て背面となる対象物体の形状を推定して3次元形状モデルを構築する行程とを備えることを特徴とする。また、入力される3次元距離画像を保持する保持手段と、与えられた前記距離画像に対して3次元空間上で対象物体の対称軸を指定する指定手段と、与えられた前記距離画像と指定された前記対称軸とに基づき前記方向から見て背面となる対象物体の形状を推定して3次元形状モデルを構築するモデル形成手段とを備えることを特徴とする。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力される3次元距離画像から3次元形状モデルを作成する3次元形状モデル作成方法であって、

一方向の平行射影から得られる3次元距離画像を入力する行程と、

与えられた前記距離画像に対して3次元空間上で対象物体の対称軸を指定する行程と、

与えられた前記距離画像と指定された前記対称軸とに基づき前記方向から見て背面となる対象物体の形状を推定して3次元形状モデルを構築する行程とを備えることを特徴とする3次元形状モデル作成方法。

【請求項2】 前記指定行程は、

与えられた前記距離画像を3つの2次元平面に投影して3面図を表示する行程と、

該3面図を用いて対象物体の対称軸を指定する行程とを備えることを特徴とする請求項1記載の3次元形状モデル作成方法。

【請求項3】 入力される3次元距離画像を保持する保持手段と、

与えられた前記距離画像に対して3次元空間上で対象物体の対称軸を指定する指定手段と、

与えられた前記距離画像と指定された前記対称軸とに基づき前記方向から見て背面となる対象物体の形状を推定して3次元形状モデルを構築するモデル形成手段とを備えることを特徴とする3次元形状モデル作成装置。

【請求項4】 構築された3次元形状モデルを外部データファイルとして格納する手段を更に備えることを特徴とする請求項3記載の3次元形状モデル作成装置。

【請求項5】 前記指定手段は3面図を用いて対象物体の対称軸を指定することを特徴とする請求項3記載の3次元形状モデル作成装置。

【請求項6】 得られた前記3次元形状モデルにライティング、シェーディング、投影変換等の処理を施して2次元平面に表示する表示手段を更に備えることを特徴とする請求項3記載の3次元形状モデル作成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、距離画像入力装置や距離画像データベース（以下DB）より入力される距離データを利用してソリッドな3次元形状モデルを構築し、キャラクタジェネレータ（以下CG）やキャドシステム（以下CAD）での使用等におけるプリ・モデラーとして利用することを目的とした3次元形状モデル作成方法及びその装置に関するものである。すなわち、精度よく3次元形状モデルを生成することは出来ないが、簡易な3次元形状モデルを作成することを目的とする。

【0002】

【従来の技術】従来、非接触による各種方式、例えば光飛行時間測定法や三角測量に基づくレンジファインダな

2

どの3次元計測装置により距離データを入力し、得られた3次元データから3次元形状モデルを作成しようとした各種試みがなされている。これらの3次元計測装置を利用した3次元形状モデル作成装置においては、入力する物体に関して、入力センサの方を向いて他の物体に隠されていない点は正確に入力されるが、入力センサに対し背（後）面部分及び隠されている点は距離データを入力出来ないという欠点がある。

【0003】この欠点を解決すべく、従来では以下の方法により3次元形状モデルを得ている。（1）センサを固定して、物体を主軸回りに回転するのと同期して距離画像を計測する。（2）センサを物体の回りに回転させるのと同期して距離画像を計測する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記これらの方式では、物体あるいはセンサを回転させるための機構が必要であるし、また複数の距離画像の対応画素を判定して3次元形状を再構築するのは容易なことではない。本発明は、前記従来の欠点を除去し、一方向から得られた距離画像を基にして未知の部分の形状データを提供できる3次元形状モデル形成方法及びその装置を提供する。

【0005】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために、本発明の3次元形状モデル形成方法は、入力される3次元距離画像から3次元形状モデルを作成する3次元形状モデル作成方法であって、一方向の平行射影から得られる3次元距離画像を入力する行程と、与えられた前記距離画像に対して3次元空間上で対象物体の対称軸を指定する行程と、与えられた前記距離画像と指定された前記対称軸とに基づき前記方向から見て背面となる対象物体の形状を推定して3次元形状モデルを構築する行程とを備える。ここで、前記指定行程は、与えられた前記距離画像を3つの2次元平面に投影して3面図を表示する行程と、該3面図を用いて対象物体の対称軸を指定する行程とを備える。

【0006】また、本発明の3次元形状モデル形成装置は、入力される3次元距離画像を保持する保持手段と、与えられた前記距離画像に対して3次元空間上で対象物体の対称軸を指定する指定手段と、与えられた前記距離画像と指定された前記対称軸とに基づき前記方向から見て背面となる対象物体の形状を推定して3次元形状モデルを構築するモデル形成手段とを備える。また、構築された3次元形状モデルを外部データファイルとして格納する手段を更に備える。ここで、前記指定手段は3面図を用いて対象物体の対称軸を指定する。また、得られた前記3次元形状モデルにライティング、シェーディング、投影変換等の処理を施して2次元平面に表示する表示手段を更に備える。

【0007】

【作用】本発明では、軸対称な物体に対して、一方向からの距離計測画像に対してユーザがインタラクティブに対称軸を指定して、既知の位置情報を利用してデータを補間することにより未知の3次元形状モデルを構築し、物体の全面に渡る3次元形状モデルが求まる。

【0008】

【実施例】以下、添付図面に従って本発明による実施例を詳細に説明する。図1は本実施例の3次元形状モデル作成装置の構成を示すブロック図である。図において、1は本実施例の処理手順を記憶するためのプログラム記憶部、2は本装置での処理に必要な情報及び入出力データを記憶するためのデータ記憶部、3はプログラム記憶部1に記憶されている処理手順に従って処理を行うためのCPUである。4は本装置で得られた3次元形状モデルを表示したり、ユーザからの指示をインタラクティブに表示するマルチウィンドウシステムを有する表示部である。5はユーザからの指令を入力するポインティングデバイスとしてのマウスである。6は入力部としてのキーボード(KB)で、ユーザがプログラムを作成したり、本装置に指令を入力するのに使用される。

【0009】プログラム記憶部1に記憶されるプログラムには、入力された距離画像を3次元表示する距離画像表示プログラム11と、表示された距離画像に対して、回転の主軸を指定するための主軸指定・ユーザインターフェース・プログラム12と、前記距離画像及び主軸を入力として背景(後)面を含めて3次元形状モデルを構築する形状モデル構築プログラム13と、得られた3次元形状モデルに対してライティング、シェーディング等を施しレンダリングを行う形状モデル表示プログラム14とが含まれる。

【0010】データ記憶部2に記憶されるデータには、距離計測センサや距離画像DBより入力される距離画像データ21と、本実施例の処理により構築される3次元形状データ22とが含まれる。本実施例の処理手順を示すアルゴリズムを記述する前に、簡単に言葉の定義を行っておく。距離画像とは、距離計測センサにより測定された物体表面の各点と基準点との垂直距離(平行射影)を与える画像である。本実施例のデータ形式としては、 (x, y) の正方2次元格子上の各点において距離(z 値)が格納される。形状モデルは距離画像とは異なり、3次元物体を頂点・辺等の幾何情報として表現するものであり、例えば、記述レベルの低いものから順に、ポリゴン、2次曲面、自由曲面のモデルがある。

【0011】本実施例のアルゴリズムの概略のフローチャートを図2を参考にして説明する。まず、ステップS101においては、光飛行時間計測、三角測量等の距離画像計測手法に基づいて物体を計測する3次元計測装置(不図示)や距離画像DB(不図示)から上述の距離画像形式のデータを取得する。ただし、距離画像を計測する際には上述の平行射影系の他に、中心投影や円筒投影型が

あり、本ステップにおいて1つの投影系(平行射影系)の座標空間に変換し、以後の処理を統一化する。又、距離がある一定値以上の点は背景とみなすために無限大とし、物体部分とみなさないようにする。本実施例の特徴はデータ取得後にあるので、上記処理は詳説しない。

【0012】ステップS102においては、得られた距離画像は基本的に格子状構造であるから、図7に示すように格子形状の対角線を結んで距離データを3角形ポリゴン列に変換し、PHIGS等のグラフィックス・ライブラリを用いて2次元平面に平行投影する。ステップS103では、こうして3次元物体を2次元空間に表示した後に軸対称物体の主軸を決定するが、2次元空間においては奥行き情報を正確に反映出来ないため、本実施例では3面(上面、正面、側面)に平行投影した画像を用いて主軸を決定する。この手法を図3を参考にして説明する。

【0013】図3は円筒形の物体を z 方向の $+\infty$ 方向から平行投影した際の3面図を示したものであり、3次元座標系は右手座標系を採用している。主軸決定の一例として、まず3面図の上面図を利用してマウスで点41と点42をクリックすることにより x, z の位置を特定する。こうして得られた2点は同様に、正面及び側面図において点41', 42'として反映される。

【0014】次のステップとして、 y 座標に関しては、まず正面図において点41'を選択して実際の位置41''に引っぱる(マウス5でドラッグする)ことによって y 座標値を指定する。点42'も同様に42''へ引っぱると、点41''と点42''を結ぶ直線が回転の主軸となる。この点の指定や引っぱりに関しては、ウィンドウシステム上で、例えばポップアップ・メニュー(pop-up-menu)によりモードを指定することで容易に実現可能である。

【0015】次のステップS105が、この主軸及び距離データ情報から3次元形状モデルを構築する中心的なステップであり、そのアルゴリズムを図4を利用して詳述する。ここで、本実施例のアルゴリズムで構築する3次元形状はポリゴンモデルとし、そのデータ構造の一例として簡略な立方体の例を図5に示す。ここで、図5の(a)はデータ構造例を示し、(b)は(a)のデータ構造を立体形状として表わしたものである。ここで、 x_0, y_0, z_0 は各軸と立方体の面との交点を表わしている。

【0016】本実施例のデータ構造は大きく2つの部分に分けられる。図5の(a)の前半の部分は、ポリゴンを構成する頂点情報を指定する部分で、必須なデータは頂点座標の (X, Y, Z) 値、例えば図5の(a)で $(-1.0, -1.0, -1.0)$ 等とオプションの頂点における法線ベクトル (N_x, N_y, N_z) 値、例えば図5の(a)で $(-0.57735, -0.57735, -0.57735)$ 等とである。後半の部分は、位相情報である指定された頂点情報に対してポ

リゴンを構成する稜線の接続状態を示し、最初にポリゴンを構成する稜線数 n （図5では四角形で4）、そして後にポリゴンを構成する n 個の頂点へのインデックス値（前半の頂点座標に順に0～ $n-1$ のインデックスを付し、ポリゴンを構成する頂点のインデックスを並べたもの、例えば図5で（0,1,2,3）等であり、図5の立体形状には点0、点1…点7として示されている）が続く。尚、立方体の最終のデータ構造では、平面内の複数のポリゴンは合成され、ポリゴンは四角形となっている。図5では簡略のために立方体を例としたが、図3の円柱等の3次元形状モデルもデータ量が多くデータ構造が複雑になるだけで同様に形成されることは明らかである。

【0017】ステップS501において、得られた格子状のセンサ側の距離画像（図6参照、本例は説明の簡略化のために解像度を落としている）で黒丸を施した物体部分の頂点情報を抽出した後、頂点の連結情報である位相情報を構築する。基本的に本実施例のアルゴリズムで作成するポリゴンは処理の容易性から三角形とする。位相情報を構築する際には、図6にあるように走査線毎に処理を行うが、それについては以下にもう少し詳しく述べる。

【0018】この走査は y 方向にスキャンライン1, 2, …, n の方向に、 x の小さい値から順に画素値をスキャンして、以下の処理を実行する。ここで、第 n スキャンラインにおける x 方向 p 画素目の値をスキャンして稜線位相情報を構築する際の、アルゴリズムを疑似コーディングの形で図8に示す。図8において、2次元の（ p , n ）画素における距離画素値(depth)を、 $depth(p, n)$ とする。図8のアルゴリズムの手順を簡略的に示したのが図7のフローチャートである。

【0019】まず、ステップS81で現在の注目画素が物体上のものか否かが判定される。物体上の場合にはス*

$$\begin{bmatrix} x_2 - x_1 \\ y_2 - y_1 \\ z_2 - z_1 \end{bmatrix} [x_1 + t(x_2 - x_1) - x_p, y_1 + t(y_2 - y_1) - y_p, z_1 + t(z_2 - z_1) - z_p] = 0$$

ステップS504では、同時に背面の頂点と対応する前面頂点のインデックス値から外周輪郭を形成する頂点のインデックス列を内部的に格納し、ステップS503で得られた位相情報を利用して後面の位相情報を作成する。また、後面の外周輪郭を形成する頂点のインデックス列である外周情報もステップS502と同様に格納しておく。

【0022】次に、ステップS505で前面の外周と後面の外周を接続するために、ダイナミック・プログラミング法を用いて接続線により得られる三角形の面積を評価関数として、それを最小コストとなるように前面及び後面を接続する。その結果、接続により得られる三角形をポリゴンモデルの情報に追加する。こうして、ソリッ

* テップS82, S83に進んで、注目画素の左隣あるいは右隣の画素が背景か否かがチェックされ、背景の場合はステップS84で注目画素を物体の輪郭として登録する。次に、ステップS85では、注目画素を含む下、右及び右下の4つの画素について、物体上なら“1”背景なら“0”のフラグを立て、ステップS86でフラグが“1”である画素数に対応して、ポリゴン（本例では三角形）を作成・登録する。まず、“1”が2個以下の場合にはポリゴン無しと判断して、ステップS87では何も登録しない。“1”が3個の場合はポリゴンが1つと判断して、ステップS88で“1”の3画素を頂点のインデックスとして登録する。“1”が4個の場合はポリゴンが2つと判断して、ステップS89で注目画素と下及び右の画素を1つのポリゴン、右下、下及び右の画素を1つのポリゴンとしてその頂点インデックスを登録する。尚、本例では画素単位の細密のポリゴンを考えたが、精度に応じて粗いポリゴンとしてもよい。

【0020】得られた位相情報はセンサ側からみた前面の情報であり、ステップS503で後面の位置情報を測定された距離画素値と主軸の情報より計算する。これは主軸を決定する2点を（ x_1, y_1, z_1 ）及び（ x_2, y_2, z_2 ）とし、既知の距離値を（ x_p, y_p, z_p ）とすると、以下に示す数1の t を解き、それを利用して直線{（ x_1, y_1, z_1 ）, （ x_2, y_2, z_2 ）}と点（ x_p, y_p, z_p ）からこの直線に垂線を引いた際に交わる点（ x_c, y_c, z_c ）= { $x_1 + t(x_2 - x_1), y_1 + t(y_2 - y_1), z_1 + t(z_2 - z_1)$ }を求め、（ x_c, y_c, z_c ）に関して（ x_p, y_p, z_p ）の対称点となる後面位置（ $2x_c - x_p, 2y_c - y_p, 2z_c - z_p$ ）を算出し、ポリゴンの頂点情報として追加する。

【0021】

【数1】

ドで軸対称な3次元物体の形状モデルを作成する。

【0023】最後にステップS106で、前記ステップS105で得られた3次元形状モデル（図5の（a）参照）をインタプリットした後、グラフィックス・コマンドを発行して3次元形状を2次元平面に投影して立体形状を確認する。本実施例のアルゴリズムにおいては、例えばPHIGS等のグラフィックスライブラリを用いてこの機能を実現する。その際の3次元処理に特有な処理として光源のライティング、シェーディング、隠線・隠面消去、Depth Cue効果等があげられる。

【0024】尚、本発明は、複数の機器から構成されるシステムに適用しても、1つの機器から成る装置に適用しても良い。また、本発明はシステム或は装置にプログ

7

ラムを供給することによって達成される場合にも適用できることは言うまでもない。

【0025】

【発明の効果】本発明により、一方向から得られた距離画像を元にして未知の部分の形状データを提供できるため、CAD等の高価なモデリングソフトがなくても3次元形状を簡単に入力・再利用することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例の3次元形状モデル作成装置の基本構成を示すブロック図である。

【図2】本実施例の基本アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図3】主軸を3面図より決定する方法を示す図である。

【図4】3次元モデル構築例のアルゴリズムを示すフローチャートである。

8

*【図5】3次元形状（ポリゴン）モデルの記述例及び立体形状を示す図である。

【図6】計測された距離画像のスカナ状態を示す図である。

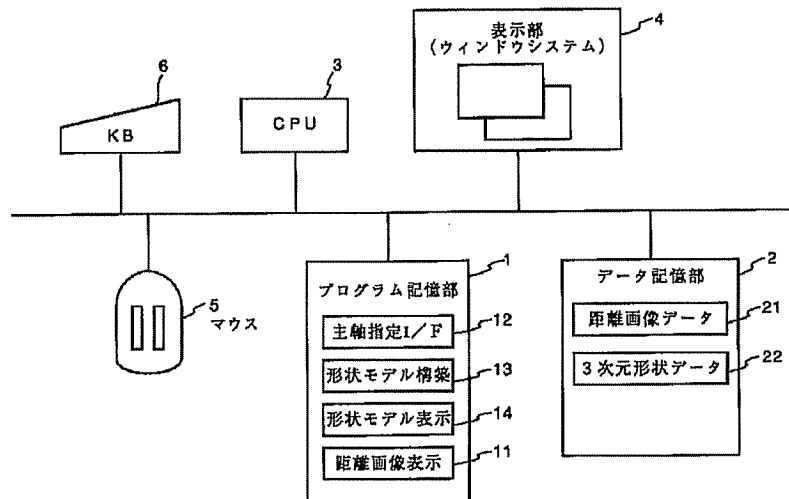
【図7】稜線の位相情報を計算するアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図8】稜線の位相情報を計算するアルゴリズムの疑似コーディングを示す図である。

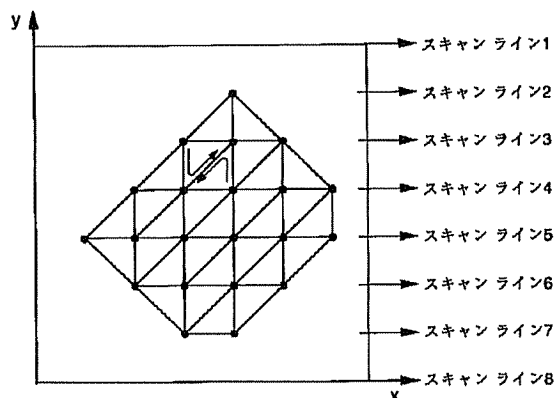
【符号の説明】

10 1…プログラム記憶部、2…データ記憶部、3…CPU、4…表示部（ウィンドウシステム）、5…マウス、6…KB（キーボード）、11…距離画像表示プログラム、12…主軸指定I/Fプログラム、13…3次元形状モデル構築プログラム、14…3次元形状モデル表示プログラム、21…画像データ、22…3次元形状データ

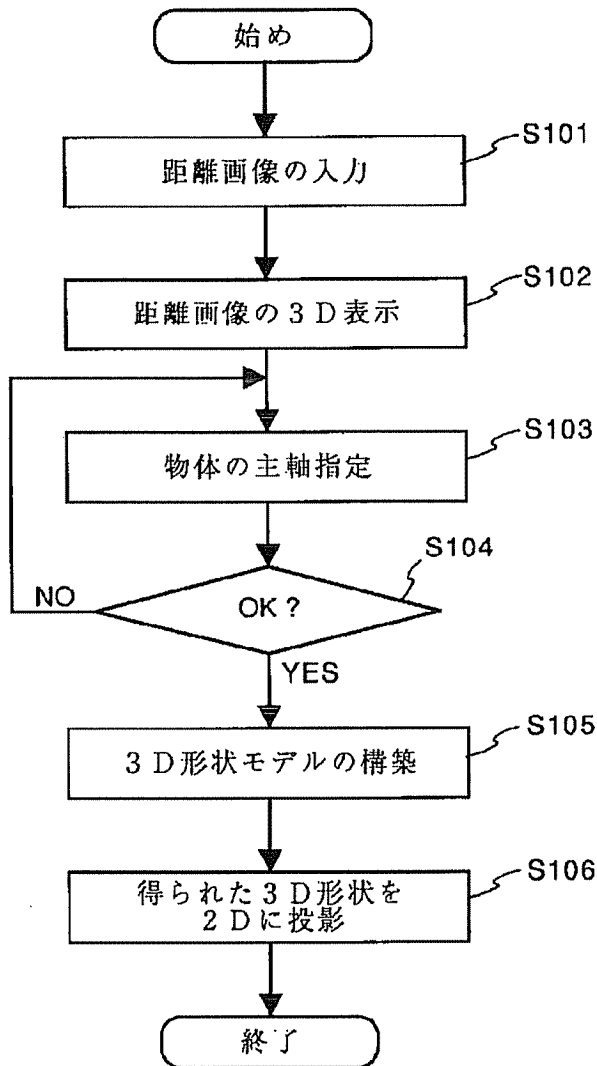
【図1】



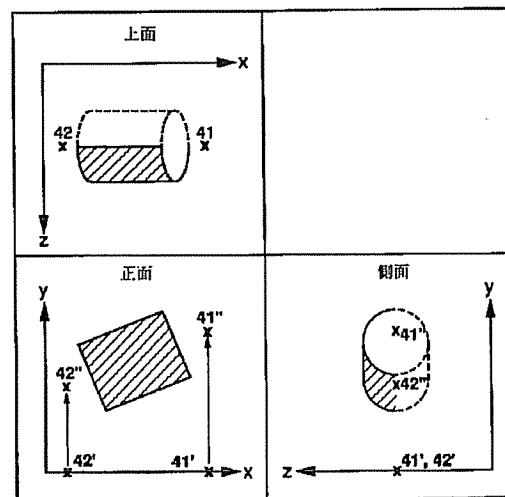
【図6】



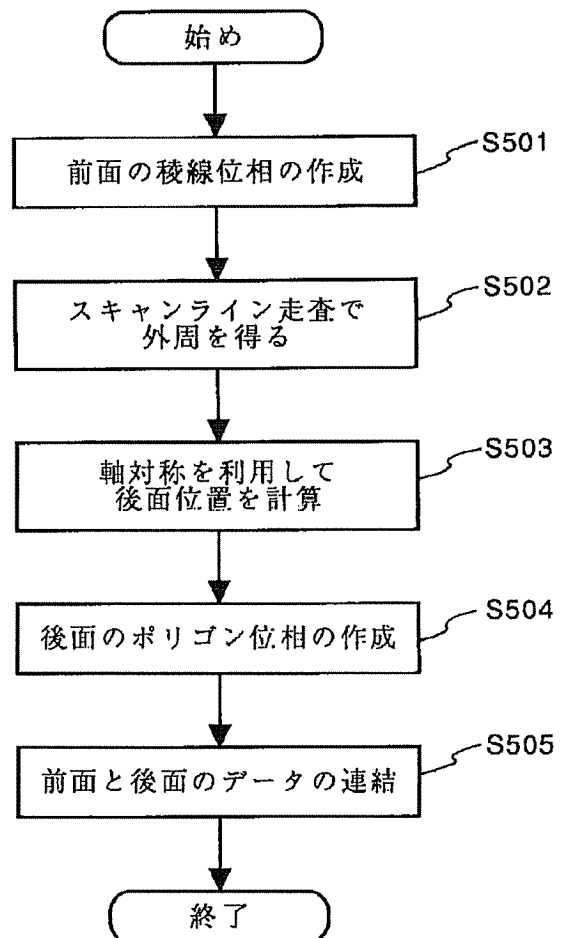
【図2】



【図3】



【図4】



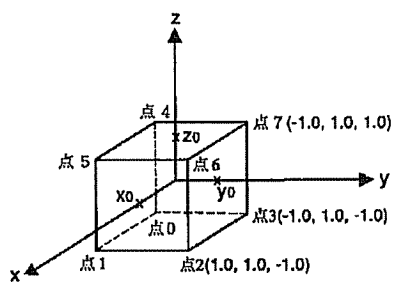
【図5】

```

polygon
vertices
  components = x y z normal-x normal-y normal-z
  number = 8
    -1.0 -1.0 -1.0 -0.57735 -0.57735 -0.57735
    1.0 -1.0 -1.0 0.57735 -0.57735 -0.57735
    1.0 1.0 -1.0 0.57735 0.57735 -0.57735
    -1.0 1.0 -1.0 -0.57735 0.57735 -0.57735
    -1.0 -1.0 1.0 -0.57735 -0.57735 0.57735
    1.0 -1.0 1.0 0.57735 -0.57735 0.57735
    1.0 1.0 1.0 0.57735 0.57735 0.57735
    -1.0 1.0 1.0 -0.57735 0.57735 0.57735
face
  4 0 1 2 3
  4 1 5 6 2
  4 5 4 7 6
  4 4 0 3 7
  4 4 5 1 0
  4 3 2 6 7
endpolygon

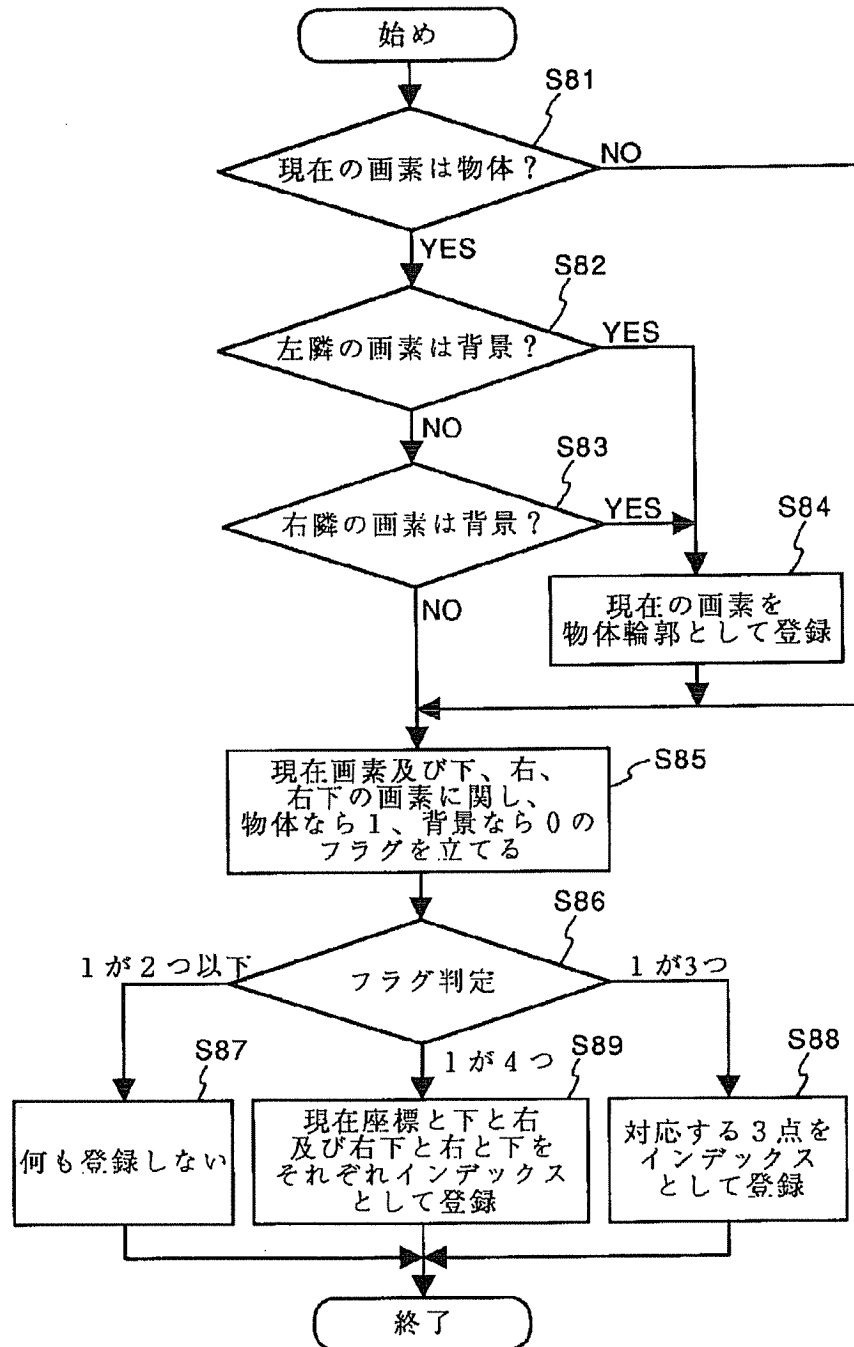
```

(a)



(b)

【図7】



【図8】

```

if(depth(p-1, n) == background AND depth(p, n) == object)
    regist depth(p, n) as CONTOUR;          /* ステップ 502 */

/* set binary 1, if depth(x, y) is object */
/* set binary 0, if depth(x, y) is background */
/* arrange flag according to depth(p, n) depth(p, n+1) depth(p+1, n) depth(p+1, n+1) order */
/* regist(ind() ind() ind()) means set point index */
switch(flag) {
    case 1111; /* depth(p, n) depth(p, n+1) depth(p+1, n) depth(p+1, n+1) */
        regist(ind(p, n) ind(p, n+1) ind(p+1, n))
        regist(ind(p+1, n+1) ind(p+1, n) ind(p, n+1))
        break;
    case 1110;
        regist(ind(p, n) ind(p, n+1) ind(p+1, n))
        break;
    case 1101;
        regist(ind(p, n) ind(p, n+1) ind(p+1, n+1))
        break;
    case 1011;
        regist(ind(p, n) ind(p+1, n+1) ind(p+1, n))
        break;
    case 0111;
        regist(ind(p+1, n+1) ind(p+1, n) ind(p, n+1))
        break;

    case 1100;
    case 1010;
    case 1001;
    case 1000;
    case 0110;
    case 0101;
    case 0100;
    case 0011;
    case 0010;
    case 0001;
    case 0000;
        do not regist;
}

```

フロントページの続き

(72)発明者 吉崎 修
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
 ノン株式会社内